

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

USO DE LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

USE OF SOLAR ENERGY IN AGRICULTURE

Luis Alberto Gacía Marín
Ingeniero electrónico, Administrador de plataformas y DBA
Porvenir S.A
Bogotá, Colombia.
U6502208@unimilitar.edu.co

Artículo de Reflexión

Directora
Yuber Liliana Rodríguez-Rojas Ph.D.
Doctora en administración – Universidad de Celaya (México)
Magister en Salud y Seguridad en el Trabajo - Universidad Nacional de Colombia
Esp. (c) en estadística aplicada – Universidad Los Libertadores
Fisioterapeuta - Universidad Nacional de Colombia

Correo electrónico: yuberliliana@gmail.com



La U
acreditada
para todos

ESPECIALIZACIÓN EN ALTA GERENCIA
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
2019

USO DE LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA**USE OF SOLAR ENERGY IN AGRICULTURE**

Luis Alberto García Marín
Ingeniero Electrónico, Administrador de plataformas y DBA
Porvenir S.A
Bogotá, Colombia.
U6502208@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La energía solar sirve para crear la energía fotovoltaica, de allí parte la necesidad de encontrar soluciones revolucionarias que aporten al beneficio del uso doméstico, agrícola o en la crianza de animales como el ganado o los porcinos. Sobre este tema se realizó una búsqueda de 730 artículos en las bases de datos Science Direct, IEEE Xplore y Scopus, donde se obtuvieron 36 con información importante, pero solo se escogieron 20 los cuales se encuentran consignados en este trabajo en la sección de resultados. Como resultado de la información consultada se pudo evidenciar que para este campo se encuentran muchos desarrollos y aplicaciones los cuales facilitan el trabajo diario de las personas, y contribuyen sustancialmente al progreso del mismo y al buen manejo de los animales y los sembrados.

Palabras clave: aplicación; tecnología; solar; energía; renovable; paneles; doméstico; agricultura, robots, granjas, limpia

ABSTRACT

Solar energy serves to create photovoltaic energy, hence the need to find revolutionary solutions that contribute to the benefit of domestic use, agriculture or the raising of animals such as cattle or pigs. On this subject, a search was made for 730 articles in the databases Science Direct, IEEE Xplore and Scopus, where 36 were obtained with important information, but only 20 were chosen, which are included in this work in the results section. As a result of the information consulted, it was evident that for this field there are many developments and applications which facilitate people's daily work, and contribute substantially to its progress and to the good management of animals and crops

Keywords: application; technology; solar; energy; renewable; panels; domestic; agriculture, robots, farms, clean.

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

INTRODUCCIÓN

La energía solar es una fuente que presenta muchas ventajas importantes para su aprovechamiento, pero también presenta algunas dificultades. Entre las ventajas se encuentra principalmente su riqueza inagotable, renovable y su utilización libre de contaminación. Pero, es necesario tener en cuenta para su utilización, que su naturaleza no es continua, su alcance esta fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia. Todas estas dificultades vislumbran la necesidad de transformarla a otra forma de energía para su acumulación y usos posteriores.

La poca densidad de potencia es directamente proporcional a la extensión, ya que para mayor potencia, mayor extensión y cantidad de equipos para la transformación. La ingeniería solar específicamente establece el aseguramiento del suministro confiable de energía para el usuario considerando algunas particularidades. La transformación de la energía solar en la naturaleza se encuentra en otras formas de energía, como biomasa y energía eólica, pero también se puede transformar en calor y electricidad que son otros tipos de energía. Las aplicaciones más conocidas en el país son el calentamiento de agua para uso doméstico, industrial y recreacional (agua para piscinas) y la generación de electricidad a una escala muy reducida. Otras aplicaciones menos divulgadas son el secado a través del sol de productos agrícolas y en las regiones costeras la destilación solar de agua marina u otras aguas no potables (Rodríguez Murcia, H. 2008).

Algunas fuentes naturales generan energía renovable las cuales son prácticamente inagotables, como son el agua, el viento y el sol. Estas son consideradas así, por poderse regenerar de forma natural y por la gran cantidad de energía que contienen.

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

La incorporación de la energía solar en sectores como la agricultura procura estimular el uso de energías limpias y hacer una utilización al máximo de los recursos naturales para la producción agrícola, obteniendo una alta productividad y aprovechamiento de los recursos y conseguir cultivos con altos estándares de eficiencia, creando un valor agregado en el cultivo de las tierras.

En el sector agrícola las aplicaciones son muy amplias, por ejemplo con el uso de invernaderos solares pueden lograrse mayores y mejores cosechas; los sistemas de secaderos utilizados en la agricultura pueden consumir menos energía si se combinan con un sistema solar y también pueden funcionar plantas de purificación o desalinización de aguas sin gastar ningún tipo de combustible gracias a la energía provista por el sol.

Las celdas solares organizadas en paneles solares, ya generaban electricidad en los inicios de los satélites espaciales. En la actualidad se presenta como la solución bastante efectiva al problema de la producción de energía eléctrica para la población rural, así como una clara ventaja sobre otras opciones, pues los paneles solares hacen parte de una solución renovable porque no contaminan, no producen ningún ruido, no necesitan combustible y mantenimiento. Además también funcionan en días nublados pero con menos rendimiento, ya que percibe la luz que se cerne a través de las nubes.

La electricidad obtenida tiene diferentes usos como por ejemplo sacar agua de un pozo o para regar los cultivos mediante procesos automáticos, o bien ser almacenada en baterías para usarse en las horas nocturnas. Incluso es posible inyectar la electricidad sobrante a la red general, obteniendo un importante beneficio.

Mientras los costos de la infraestructura para montar células solares continúe disminuyendo, y se pueda fabricar a gran escala, es muy probable que aumente su utilización para que una buena

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

parte de la electricidad consumida en algunos países tenga como actor principal el sol y el proceso de conversión fotovoltaica.

La energía solar inicialmente puede ser un complemento para otras energías convencionales, ya que si se utiliza al 100% es necesario emplear grandes y costosos sistemas de acumulación. Un ejemplo muy claro es en una casa bien aislada donde se puede disponer de agua caliente y calefacción solar, con el apoyo de un sistema convencional a gas o eléctrico que únicamente funcionaría en los periodos sin sol, y como resultado los costos de la factura de luz o gas serían sólo una fracción, todo ello gracias al uso de la instalación solar.

Es así como la energía solar se convierte en un ahorro para el campo, mejorando las finanzas de quienes la utilizan y aportando beneficios para el medio ambiente. Es por eso, que cualquier proyecto agroindustrial, sea cultivos, crianza de ganado, fincas porcinas o avícolas están empleando en la actualidad la energía solar como fuente para el desarrollo de las actividades propias de cada una, y nuestro país es privilegiado por la zona donde se encuentra y como aporte a ello se puede decir que las regiones montañosas no son un impedimento para implementar este tipo de tecnología, y como preparación a la masificación de esta, Colombia adoptó la Ley 1715 en donde estimula el uso otorgando beneficios a quienes la implementan.

Este artículo tiene como objetivo mostrar el análisis de la información recopilada sobre los diversos usos domésticos que se le puede dar a la tecnología solar en la agricultura. Se estructura en apartados, el primero corresponde a la introducción en el que se describe la necesidad de abordar la temática de energía solar como un mecanismo de generación de energía alternativa. El segundo, describe el proceso de búsqueda y recuperación de información que soporta el ensayo. El tercero, presenta los resultados de acuerdo con tres tópicos a saber: las tecnologías desarrolladas en

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

aprovechamiento de la energía solar en la agricultura, los aspectos favorables de la energía solar en la agricultura y la conveniencia técnica y económica del uso de las tecnologías solares en la agricultura. Y el cuarto, atiende a las conclusiones derivadas del análisis de los artículos consultados y de la interpretación de autor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con base en el tema planteado para este caso de estudio se han analizado diferentes artículos, los cuales han investigado aspectos relacionados con el uso de la energía solar en agricultura. Se busca obtener una visión del panorama y de todos los elementos que intervienen en la adecuación de este tipo de tecnologías. Dada la cantidad de información encontrada se va a detallar un camino en donde muestre el tipo de implementación y los costos de los mismos.

Estrategia de búsqueda

Se han empleado algunos métodos de búsqueda, en su totalidad artículos encontrados en base de datos como Science Direct, IEEE Xplore y Scopus, sin embargo, para aclarar conceptos se ha utilizado información suministrada por el motor de búsqueda google, donde se han encontrado diferentes tipos de lectura especializada en el tema.

Criterios de inclusión de los artículos

Los criterios de inclusión para realizar este documento se basaron en la búsqueda de artículos que tuvieran como concepto el uso de la energía solar, así como el termino fotovoltaica. Toda la literatura encontrada se pasó por un proceso de depuración, el cual consistía primero en la recolección de información que vinculara las palabras energía solar, luego un análisis de lo

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

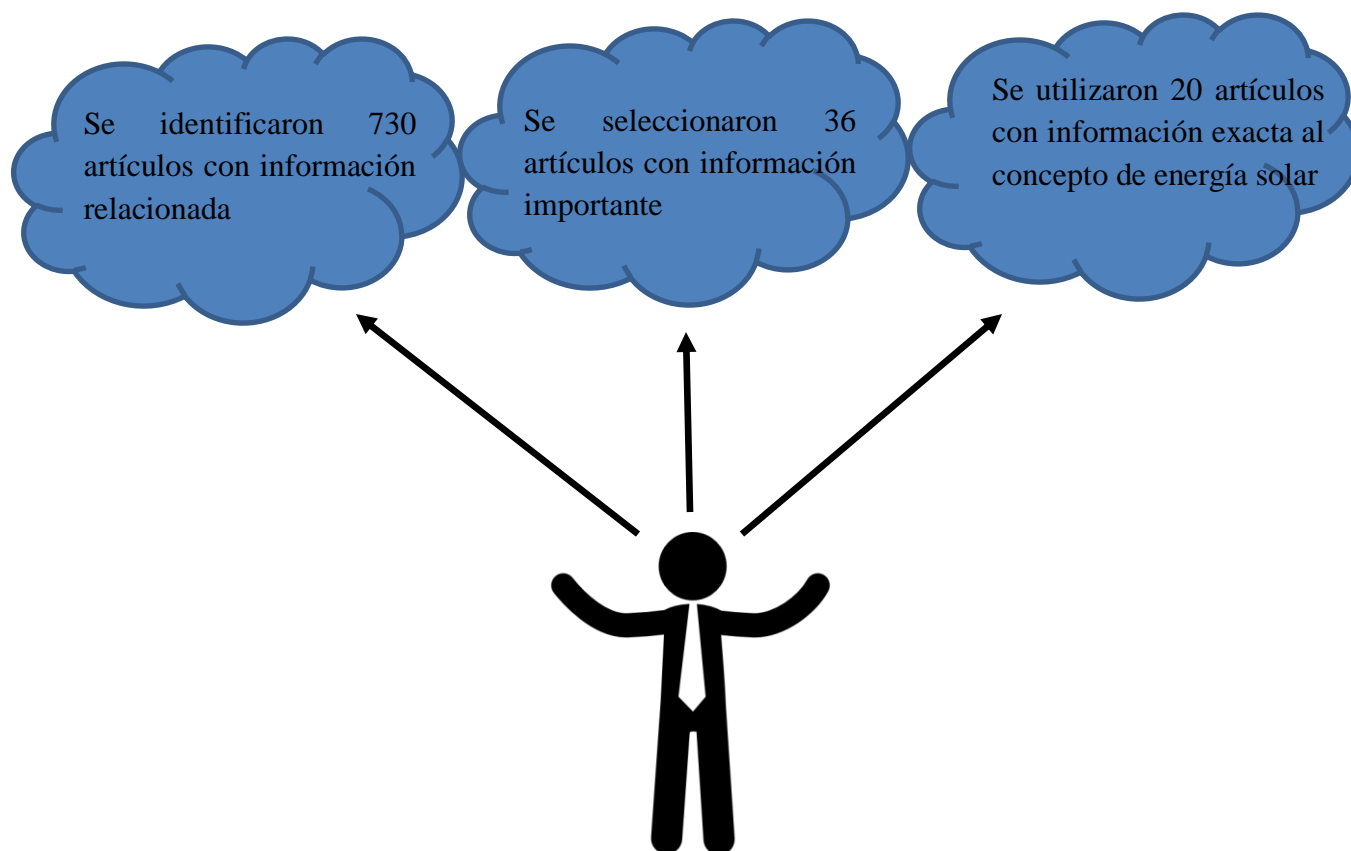
encontrado y por último la selección de la documentación valiosa para respaldar la realización de este trabajo.

Proceso de depuración

La estrategia utilizada para hacer una óptima depuración de la información consistió en seleccionar artículos que tuvieran textos relevantes y actualizados, ya que este tema se encuentra en auge por el concepto de mundial de adopción de energías renovables y limpias.

Aunque es un tema que viene desde muchos años atrás y la literatura encontrada proviene desde los años 50's, solo se determina tener en cuenta referencias desde los años 2005 en adelante para revisar algunos ítems de la evolución en la utilización de la energía solar.

El proceso para la selección de los referentes teóricos que soportan este trabajo se elaboró de la siguiente manera:



LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

Figura 1: información encontrada

Fuente: Elaboración propia (2019)

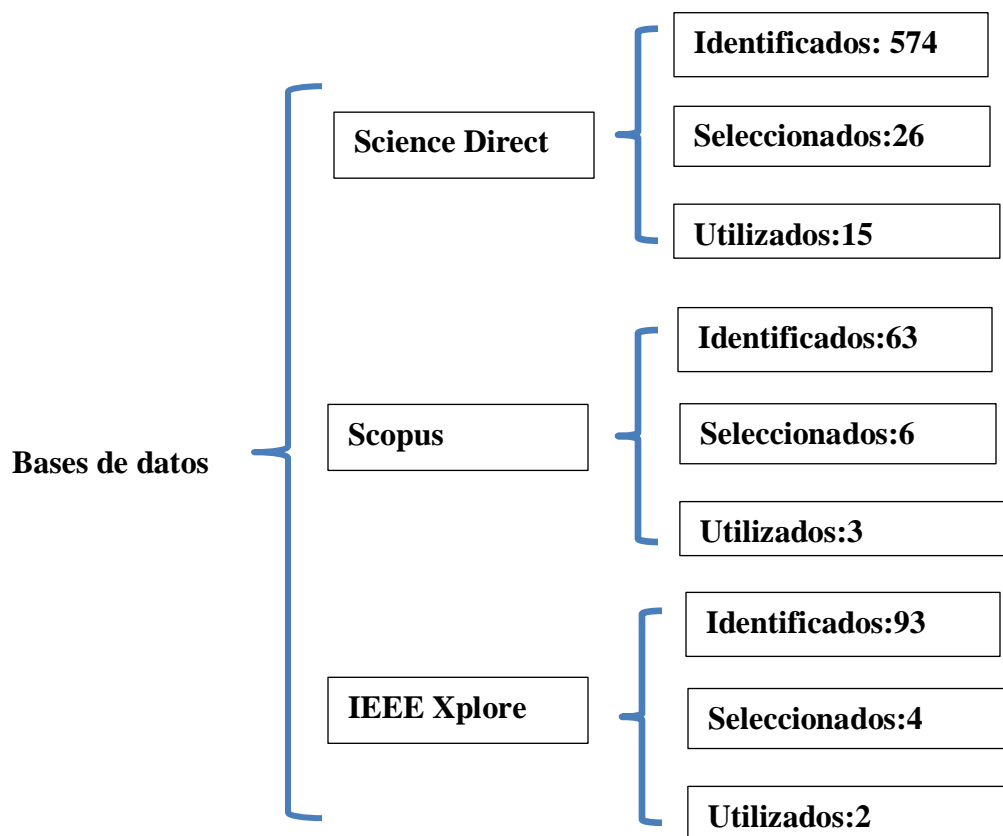


Figura 2: fuentes de información

Fuente: Elaboración propia (2019)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tecnologías desarrolladas en aprovechamiento de la energía solar en la agricultura

De acuerdo con la bibliografía revisada, en el cuadro adjunto se citan conceptos de algunos autores sobre los aspectos positivos en el uso de la energía solar en la agricultura, la vida cotidiana y la optimización de los productos para la propagación en el empleo de la misma.

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

Autor	Beneficios	Beneficios ambientales	Beneficios en productividad
M. Saputra, A. Syuhada, & R. Sary, 2018	El beneficio se traduce en la reducción de la facturación de la energía. Evidencia una reducción del 70% del consumo en Kw	Cero contaminación y uso de energías verdes.	Permite el riesgo constante de las plantaciones, por cual la irrigación es más controlada y oportuna, por ende se garantiza mayor producción
A. Johari, S. S. Hafshar, M. Ramli, & H. Hashim, 2011	Los incentivos y la Ley de energías renovables adoptada por el gobierno malasio permite garantizar la fiabilidad y la seguridad del suministro energético a largo plazo.	Utilización de fuentes de energía renovables	Aumento de la calidad de vida de las personas que habitan en zonas remotas
A. Al-Mamun, K. Sundaraj, N. Ahmed, N. U. Ahamed, S. A. M. M. Rahman, R. B. Ahmad, & M. H. Kabir, 2013	desarrollar un sistema solar simple y rentable para las áreas rurales donde la electricidad no está disponible	Utilización de equipos que no contaminan	Acceso para personas de escasos recursos que no cuentan con electricidad
Di Vecchia, A., Formisano, G., Rosselli, V., & Ruggi, D, 1981	calefacción de ambientes y producción de agua caliente mediante energía solar	Uso de sistemas energéticos solares	Producción animal que necesite calor o luz artificial
H. Rashid, I. U. Ahmed, S. M. T. Reza, & M. A. Islam, 2017	Creación de aparato inteligente para evitar los efectos calamitosos de los insectos y plagas en los cultivos	Repelente de insectos ultrasónico inteligente.	Mayor producción de productos agrícolas
P. Jothimurugan, J. M. Saravanan, R. Sushanth, V. Suresh, H. S. Subramaniam, S. Vasantharaj, & S. Yogeswaran, 2013	Creación de robot eliminador de malezas, pulverizador de fertilizantes y controlador de plagas	100% ecológico	Mayor producción de productos agrícolas

Cuadro 1: Conceptos varios autores

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

Fuente: Elaboración propia (2019)

Países que han incentivado e implementado el uso de la energía solar mediante algunas aplicaciones:

País	Aplicación de la energía solar
India	Creación de robots para usos agrícolas
Portugal y España	Producción de Corcho
Canadá	Practica en granjas lecheras y porcinas
Brasil	Reemplazo de duchas eléctricas
Comunidad Europea	Casas rurales con calefacción y agua caliente

Conveniencia técnica y económica del uso de las tecnologías solares en la agricultura y en la vida de las personas

Las reservas mundiales de energía convencional están disminuyendo mientras que la demanda mundial de energía está aumentando, y esta es importante en casi todos los aspectos del desarrollo de las poblaciones e incentiva la urbanización, la industrialización y la industria del turismo. Algunos países como en Malasia están aumentando el consumo de energía y se encuentran buscando alternativas de energías limpias (energía solar) para satisfacer la demanda. (Johari, Hafshar, Ramli y Hashim, 2011).

Dado lo anterior se denota una enorme oportunidad para la generación de energías alternativas como la solar, la eólica y la biomasa, y es por eso que la industria agrícola puede cosechar muchos beneficios financieros y ambientales en la implementación de energía renovable. Otro país que se encuentra trabajando en la selección de tecnologías de energía renovable es Canadá, ideando proyectos con grandes beneficios económicos y ambientales, e integrando la energía renovable en

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

las granjas. Es así que se están llevando a cabo dos estudios de campo utilizando como laboratorios una granja lechera y una granja porcina. En estos lugares, el estiércol se utiliza para producir biogás y alimentar motores de combustión interna. Este sistema produce energía a partir de fuentes renovables para la producción de calor y electricidad, a la vez que proporciona la implementación de un proceso en el ciclo natural de descomposición del estiércol (C. Faucher, & J. Bastien, 2006).

La energía solar actualmente se ha convertido en una fuente de energía alternativa debido a la oscilación de los precios del petróleo y el carbón sumándole los problemas de calentamiento global. A continuación se menciona un desarrollo que utiliza energía solar el cual se puede utilizar en zonas rurales donde la electricidad no está disponible. Para construir este dispositivo se usó un módulo solar autónomo de 5 vatios PV (fotovoltaico) como fuente de energía solar y se aplicó una batería de plomo ácido de tipo común (12V, 7AH) para el sistema de respaldo. El panel solar se conectó a la batería a través de un controlador de carga que fue responsable de pasar el voltaje correcto para cargar la batería y, además, garantizar que la batería no se sobrecargara. Además, el sistema fue diseñado para cargas de 22W AC y 12W DC. Se diseñó un inversor para las cargas de CA que podrían convertir el voltaje de CC fijo de la batería a un voltaje de salida de CA. Finalmente, todo el sistema se probó con éxito y será efectivo para las personas pobres que viven en las áreas rurales que se ven privadas de la electricidad, así como de los combustibles convencionales que se ahorran (A. Al-Mamun, K. Sundaraj, N. Ahmed, N. Ahamed, S. Rahman, R. Ahmad, & M. Kabir, 2013).

Dicho lo anterior, un aspecto importante para el aprovechamiento de la energía solar es la ubicación geográfica, y para ello países de América Latina poseen características geográficas y sociales especiales de la región, con las cuales pueden contribuir sustancialmente al desarrollo e

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

implementación en el uso de este tipo de tecnologías mediante la investigación y la práctica. (Alonso M., & de Santiago M, 1978).

Otro uso de este tipo de energía es el desarrollo empresarial en el proceso de investigación de la industria salitrera en Chile y la incorporación de la energía solar en sus procesos productivos. (A Escudero, 2018).

Si se adentra en el campo agrícola tenemos que el 70 por ciento de la India está dedicada a la agricultura realizando operaciones como la siembra de semillas, el corte de césped, el arado, etc. Es por eso que para facilitar este tipo de trabajos han diseñado y desarrollado un robot que puede sembrar las semillas, cortar el césped y rociar pesticidas, y todo alimentado por energía solar. El robot funciona con paneles solares y se maneja con una aplicación Bluetooth/Android que envía las señales al robot y controla todo el mecanismo Este artefacto tiene como fin el aumento de eficiencia y reducir el problema de la siembra manual (B. Ranjitha, M. Nikhitha, K. Aruna, Afreen, & B. Murthy, 2019).

Otra aplicación se puede ver en la producción y transformación del corcho utilizados esencialmente en Portugal y España. Este proceso consiste en la inmersión del corcho durante aproximadamente 1 hora en agua hirviendo (100 °C) la cual exige una energía térmica que es suministrada por energía solar. (B González, L Valenzuela & A Fernández 2014).

Continuando con la presentación de aplicaciones desarrolladas para el uso doméstico o agrícola encontramos el diseño de un sistema energético sostenible y limpio con la finalidad de tratar o desalinizar el agua de mar y producir agua potable que es extraída de los pozos subterráneos o el mar. Todo lo anterior utilizando equipos que son alimentados por energía solar fotovoltaica 2019 IEEE (C. Ghenai, A. Almasri, J. Alrejja, & N. Khalil, 2019).

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

Otro desarrollo que genera impacto ambiental es la creación de procesos innovadores para el desarrollo de calentadores de agua por medio de energía solar para reemplazar la ducha eléctrica, Ya que el impacto ambiental en Brasil se puede mitigar con la reducción del uso de duchas eléctricas, causada por la sobrecarga en este sistema en horas pico, lo que muestra desarrollo de un producto sostenible con el uso de la tecnología solar en Brasil (Conejero M., Calia R & Sauaia A, 2015).

Un aspecto que vale la pena resaltar es el estudio sobre consumo energético convencional de la agricultura en los países de la Comunidad Europea, y el uso de sistemas energéticos solares en la agricultura. El sector objeto de análisis fueron las casas rurales en la utilización de calefacción de los ambientes, producción de agua caliente, calefacción de invernaderos, establos y producción de agua caliente para usos zootécnicos. Donde la conclusión final recalca el empleo de tecnologías solares en los países de la Comunidad Europea (Di Vecchia, A., Formisano, G., Rosselli, V., & Ruggi, D, 1981).

En México las cocinas de leña son muy abundantes, por tal motivo se encuentra en implementación el uso de cocinas solares mediante la instalación de un dispositivo mecánico equipado con resortes en la cesta que sostiene la olla donde se colocan los alimentos. Este mecanismo facilita el registro de los patrones de temperatura que identifican el funcionamiento de la cocina solar. El resultado de esta caracterización fue una serie de parámetros térmicos que demuestran que es adecuado para su uso en las condiciones del recurso solar que predominan en la Meseta Purépecha en Michoacán, México (González-Avilés M, Urrieta O , Ruiz I., & Cerutti O, 2018)

El siguiente párrafo muestra el desarrollo y el análisis de un dispositivo repelente de insectos ultrasónico inteligente, el cual es capaz de generar diferentes tipos de frecuencias que son muy útiles para repeler diferentes tipos de insectos. Este mecanismo puede ser controlado desde

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

cualquier distancia y es cargado por medio de un sistema de energía solar, lo que es considerado un enfoque rentable. Este instrumento utiliza un amplificador de potencia junto con un micro controlador, un regulador de circuito de cargador solar y un panel solar. La implementación de este dispositivo en diferentes fincas ha demostrado una reducción importante en el ataque de insectos en comparación con el resto de las granjas que no lo pusieron en práctica. 2017 IEEE (H. Rashid, I. Ahmed, S. Reza, & M. Islam, 2017).

Con el paso del tiempo la utilización de energía renovable ha crecido mucho en las últimas décadas, es por eso que los paneles fotovoltaicos han desempeñado un papel importante en las tecnologías utilizadas para producir este tipo de energía, y cada vez más las células fotovoltaicas presentan mejor rendimiento gracias a las pruebas de módulos solares con diferentes niveles de irradiación lo que conlleva a la optimización en la fabricación de este tipo de elementos (J. Fonseca, L. Ruiz, & J. Mata-Machuca, 2017).

Otra utilidad de la energía solar es por medio de mangueras fabricadas con texturas especiales la cual mantiene el agua caliente y para su adaptación se ha desarrollado un modelado completo termo hidráulico y termo solar para optimizar un colector y conseguir un buen rendimiento en condiciones de termosifón. Para que lo mencionado tenga efecto se debe tener en cuenta los parámetros del colector: diámetro y longitud de la manguera, altura y volumen del tanque, número y calidad de las capas de acristalamiento, ángulo de inclinación del techo y condiciones climáticas. Se ha comprobado que este colector durante todo un año puede proporcionar 150 l de agua caliente a una temperatura de 45 °C en climas tropicales y templados utilizando una manguera de 100 metros de diámetro de 1.5 de polietileno de baja densidad (LDPE) extendido en techos inclinados de 20° o más, además se encuentra que esta opción es útil para países en desarrollo con climas templados y tropicales (Juanicó, Di Lalla y González, 2017).

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

En este apartado se presenta el uso de dos compuestos a base de hexilbenceno como HTMs eficientes para células solares perovskitas de alto rendimiento. Estos compuestos presentan una buena solubilidad y estabilidad térmica, también alta movilidad en los agujeros y niveles de energía utilizadas en las células solares con las que se crean los paneles solares. (Liu, Y., Tao, C., Xie, G., Van Der Velden, J., Marras, S., Luo, Z., Yang, C. 2019).

En la agricultura regar los cultivos se ha vuelto una tarea muy desgastante, es por eso que aplicando la tecnología para resolver un problema y en este caso en la construcción de bombas de agua alimentadas con energía solar o eólica, convirtiéndose en una excelente alternativa a la hora de irrigar los cultivos. 2018 IEEE (M. Saputra, A. Syuhada, & R. Sary, 2018).

Una línea de cultivo utilizada en la agricultura es el empleo de invernaderos, pero estos ahora utilizan para su desarrollo elementos fotovoltaicos, los cuales permiten mejorar la producción de los productos y ser compatibles con las necesidades de las especies vegetales cultivadas en los invernaderos. 2019 por los autores (Moretti, S., & Marucci, A, 2019).

SOLAR POWERED E-BOT FOR AGRICULTURE significa Robot Agrícola simple y ecológico, es un robot que funciona con energía solar. Es un vehículo que utiliza ruedas y no es tripulado, y se mueve linealmente. Los robots creados tienen diferentes fines como eliminador de malezas, pulverizador de fertilizantes y controlador de plagas. El robot se usa por medio de aplicaciones móviles y elementos mecánicos para guiar al robot a lo largo de las filas y realizar las tareas con precisión. El robot se controla manualmente por medio inalámbrico (tipo RF) a una distancia de hasta 15 metros y su trayectoria se puede observar con la incorporación de una cámara también inalámbrica o de manera automatizada por medio de instrucciones. 2013 IEEE (P. Jothimurugan, J. Saravanan, R. Sushanth, V. Suresh, H. Subramaniam, S. Vasantharaj, & S. Yogeswaran, 2013).

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

La sostenibilidad de la tierra y el agua son cruciales en la era del cambio climático, es por eso que Abellon Clean Energy ha establecido una planta solar de 3 MW para el trabajo agrícola utilizando paneles solares con la finalidad de suplir la alimentación y la energía para una comunidad rural. Esta innovación es llamada "modelo solar-agri-eléctrico" y esta iniciativa mejoró el grado de sostenibilidad junto con el empleo local de 215 personas de cuatro aldeas, incluidas 156 mujeres. Las huertas solares de todo el mundo tienen potencial para disminuir 143.000 MTCO₂ a través de la vegetación, produciendo 100.000 Tm de productos agrícolas al año. Para usar eficientemente los recursos naturales es necesario sincronizar políticas locales/regionales en relación con las condiciones climáticas, el potencial agrícola y la disponibilidad de los mismos. 2019 por ASME (Patel, B., Gami, B., Baria, V., Patel, A., & Patel, P, 2019).

CONCLUSIONES

Como conclusiones del análisis realizado y los artículos consultados se puede determinar lo siguiente:

El uso de la energía solar es una excelente opción de cambio al empleo de la energía tradicional, ya que contribuye con la preservación del medio ambiente, y es de gran utilidad para las zonas de difícil acceso a la red eléctrica clásica, además los costos son bajos comparados con la prestación del servicio y este puede beneficiar a toda una comunidad.

Con la implementación de este tipo de energía no se tiene un cobro de factura mensual, ya que el generador de la esta es el sol y este es una fuente de energía inagotable.

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

Como se presentó en este documento la aplicación en la agricultura es de gran importancia, ya que ayuda a obtener buenos resultados en las cosechas, de igual manera su empleo en la crianza de animales es muy útil, ya que provee electricidad para el excelente cuidado de los mismos.

La energía del sol ha servido para realizar diferentes descubrimientos, ya que a través de diferentes texturas y creación de robots han contribuido al desarrollo del sector agrícola, ganadero y porcino, proporcionando herramientas que aportan al progreso de los mismos.

La energía fotovoltaica tiene diferentes aplicaciones y utilidades energéticas, así como un alto impacto en el desarrollo de la economía de una región, porque representa generación de empleos y creación de empresas que soportan a quienes utilizan este tipo de energía. Los avances obtenidos no son significativos y debemos procurar por mejorar y superar la calidad, para masificar su uso y contribuir al medio ambiente.

Como conclusión final de este documento se puede decir que si se promueve el uso inteligente de la energía solar con la creación de soluciones que aumenten la eficiencia, y permitan la incorporación de alternativas de generación eléctrica con recursos renovables podemos obtener conservación, seguridad y sostenibilidad de una región o comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Mamun A, Sundaraj K, Ahmed N, Rahman S, Ahmad R, & Kabir M. (2013). Design and development of a low cost solar energy system for the rural area. Paper presented at the *2013 IEEE Conference on Systems, Process & Control (ICSPC)*, 31-35.
doi:10.1109/SPC.2013.6735098

Johari A, Hafshar S. S, Ramli M, & Hashim H. (2011). Potential use of solar photovoltaic in peninsular malaysia. Paper presented at the *2011 IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CET)*, 110-114. doi:10.1109/CET.2011.6041446

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

- Mateo A, Villarejo J. A, Jimenez J, & de Jodar E. (2013). Zero energy grid injection strategies using comercial inverters in solar energy power generation systems. Paper presented at the *2013 International Conference on New Concepts in Smart Cities: Fostering Public and Private Alliances (SmartMILE)*, 1-4. doi:10.1109/SmartMILE.2013.6708190
- Acosta-Silva, Y. D. J, Torres-Pacheco, I., Matsumoto, Y., Toledano-Ayala, M., Soto-Zarazúa, G. M., Zelaya-Ángel, O., & Méndez-López, A. (2019). Applications of solar and wind renewable energy in agriculture: A review. *Science Progress*, 102(2), 127-140. doi:10.1177/0036850419832696
- Alonso, M., & de Santiago, M. (1978). Solar energy in latin America: An overview. In F. de Winter, & M. Cox (Eds.), *Sun: Mankind's future source of energy* (pp. 33-38) Pergamon. doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/B978-1-4832-8407-1.50018-0> Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.umng.edu.co/science/article/pii/B9781483284071500180>
- AL-Rjoub, A., Rebouta, L., Costa, P., Barradas, N. P., Alves, E., Ferreira, P. J, Pischow, K. (2018). A design of selective solar absorber for high temperature applications. *Solar Energy*, 172, 177-183. doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.solener.2018.04.052>
- Araujo, A., Silva, R., & Pereira, V. (2019). Solar thermal modeling for rapid estimation of auxiliary energy requirements in domestic hot water production: On-off versus proportional flow rate control. *Solar Energy*, 177, 68-79. doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.solener.2018.11.003>
- Arellano-Escudero, N. (2018). Industrial solar energy at Atacama desert between 1933 to 1952: Research, development and sustainability. [La energía solar industrial en el desierto de Atacama entre 1933 y 1952: Investigación, desarrollo y sustentabilidad] *Estudios Atacameños*, (57), 119-140. doi:10.4067/S0718-10432018005000704
- Ranjitha B, Nikhitha M. N., Aruna, Afreen K., & Murthy B. T. V. (2019). Solar powered autonomous multipurpose agricultural robot using bluetooth/android app. Paper presented at the *2019 3rd*

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), 872-877. doi:10.1109/ICECA.2019.8821919

Biencinto, M., González, L., Valenzuela, L., & Fernández, A. (2014). *Design and simulation of a solar field coupled to a cork boiling plant* doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.egypro.2014.02.128>

Faucher C, & Bastien J. (2006). Renewable energy and agriculture: GHG mitigation and waste management strategy. Paper presented at the *2006 IEEE EIC Climate Change Conference*, 1-6. doi:10.1109/EICCCC.2006.277217

Ghenai C, Almasri A, Alrejail J, & Khalil N. (2019). Modeling, simulation and performance analysis of solar PV integrated with reverse osmosis water treatment unit for agriculture farming. Paper presented at the *2019 8th International Conference on Modeling Simulation and Applied Optimization (ICMSAO)*, 1-5. doi:10.1109/ICMSAO.2019.8880362

Conejero, M. C., Calia, R. C., & Sauaia, A. C. A. (2015). Redes de inovação e a difusão da tecnologia solar no Brasil. *RAI Revista De Administração E Inovação*, 12(2), 90-109. doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.11606/rai.v12i2.100334>

Di Vecchia, A., Formisano, G., Rosselli, V., & Ruggi, D. (1981). Possibilities for the application of solar energy in the European community agriculture. *Solar Energy*, 26(6), 479-489. doi:[https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/0038-092X\(81\)90158-4](https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/0038-092X(81)90158-4)

Dolores, D. M., Rafael, A., & Galileo, M. I. (2015). Estudio del acoplamiento de diferentes configuraciones de ciclo combinado con planta solar de canal parabólico. *Ingeniería, Investigación Y Tecnología*, 16(2), 253-264. doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.riit.2015.03.009>

González-Avilés, M., Urrieta, O. R., Ruiz, I., & Cerutti, O. M. (2018). Design, manufacturing, thermal characterization of a solar cooker with compound parabolic concentrator and assessment of an

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

- integrated stove use monitoring mechanism. *Energy for Sustainable Development*, 45, 135-141. doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.esd.2018.05.006>
- Rashid H, Ahmed I. U., Reza S. M. T, & Islam M. A. (2017). Solar powered smart ultrasonic insects repellent with DTMF and manual control for agriculture. Paper presented at the *2017 IEEE International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (icIVPR)*, 1-5. doi:10.1109/ICIVPR.2017.7890869
- Hongbo, S. (2014). Modelo de cooperación energética entre china y américa latina. *Problemas Del Desarrollo*, 45(176), 9-30. doi:[https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/S0301-7036\(14\)70848-X](https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/S0301-7036(14)70848-X)
- Jimeno J. C, Gutiérrez R., F. Hernando, Varner K, Rodríguez V, Uriarte S, Petrina I. (2005). A new structure of back contact solar cell improved by transistor effect. Paper presented at the *Conference Record of the Thirty-First IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2005*. 995-998. doi:10.1109/PVSC.2005.1488300
- Fonseca-Campos J, Ruiz L. F, & Mata-Machuca J. L. (2017). System for the electrical characterization of solar cells based on one data acquisition board and C#. Paper presented at the *2017 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)*, 1-6. doi:10.1109/ROPEC.2017.8261626
- Juanicó, L. E., Di Lalla, N., & González, A. D. (2017). Full thermal-hydraulic and solar modeling to study low-cost solar collectors based on a single long LDPE hose. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 187-195. doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.rser.2017.01.126>
- Koide, G. T., & Takahashi, P. K. (1978). *Solar and wind energy applications in hawaii* doi:[https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/0038-092X\(78\)90006-3](https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/0038-092X(78)90006-3)

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

- Liu, Y., Tao, C., Xie, G., Van Der Velden, J., Marras, S., Luo, Z., Yang, C. (2019). Hexa-substituted benzene derivatives as hole transporting materials for efficient perovskite solar cells. *Dyes and Pigments*, 163, 267-273. doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.dyepig.2018.12.010>
- Lombardero, I., & Algora, C. (2020). *Understanding the influence of shunts in the I–V curves and electroluminescence of multijunction solar cells* doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.solmat.2019.110236>
- Saputra M., Syuhada A, & Sary R. (2018). *Study of solar and wind energy using as water pump drive-land for agricultural irrigation* doi:10.1109/ICSTC.2018.8528643
- Moraes, F. S., Santos, L. C., Alencar, R. N., Sempels, É V., Sandoval V, J. C., & Lesage, F. J. (2015). *Solar thermoelectric generator performance relative to air speed* doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.enconman.2015.04.049>
- Moretti, S., & Marucci, A. (2019). A photovoltaic greenhouse with variable shading for the optimization of agricultural and energy production. *Energies*, 12(13) doi:10.3390/en12132589
- Farinha P, Sérgio S, Ribeiro P. A, & Raposo M.. (2016). *Birefringence creation by solar light: A new approach to the development of solar cells with azobenzene materials*
- Jothimurugan P, Saravanan J. M, Sushanth R, Suresh V, Subramaniam H. S, Vasantharaj S, & Yogeswaran S. (2013). Solar E-bot for agriculture. Paper presented at the 2013 Texas Instruments India Educators' Conference, 125-130. doi:10.1109/TIIEC.2013.29
- Patel, B., Gami, B., Baria, V., Patel, A., & Patel, P. (2019). Co-generation of solar electricity and agriculture produce by photovoltaic and photosynthesis-dual model by abellon, india. *Journal of Solar Energy Engineering, Transactions of the ASME*, 141(3) doi:10.1115/1.4041899
- Queluz, D., Castro, R., & Mendes, J. F. (2010). *Electrical modelling and simulation of solar power towers* doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.3182/20100329-3-PT-3006.00028>

LA ENERGIA SOLAR EN LA AGRICULTURA

- Rosas L, Fontes C, de Miranda M, Cândida Arrais M, & Torres, E.(2019). *Solar photovoltaic distributed generation in brazil: The case of resolution 482/2012* doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.egypro.2018.12.036>
- Sadowski, S., & Spachos, P. (2019). Solar-powered smart agricultural monitoring system using internet of things devices. Paper presented at the *2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference, IEMCON 2018*, 18-23. doi:10.1109/IEMCON.2018.8614981 Retrieved from <https://www-scopus-com.ezproxy.umng.edu.co/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85062070818&doi=10.1109%2fIEMCON.2018.8614981&partnerID=40&md5=c0e139922ab15938df1e70c8f72b365f>
- Salinas, I., Heras, C., Alcañiz, C., Izquierdo, D., Martínez, N., & Alonso, R. (2016). *Portable solar spectrum reflectometer for planar and parabolic mirrors in solar thermal energy plants* doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.solener.2016.06.010>
- Sandoval, O, Caetano, B, Borges, M., García, J., & Valle, R.(2019). Modelling, simulation and thermal analysis of a solar dish/stirling system: A case study in natal, Brazil. *Energy Conversion and Management*, 181, 189-201. doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.enconman.2018.12.005>
- Viviescas, C., Lima, L., Diuana, F, Vásquez, E., Ludovique, C., Silva, G, Paredes, J(2019). Contribution of variable renewable energy to increase energy security in Latin America: Complementarity and climate change impacts on wind and solar resources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113, 109232. doi:<https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.rser.2019.06.039>